

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra telekomunikační techniky

Útlumy přeslechů
Crosstalk Attenuation

2013/2014

Jolana Křížanová

Zadání bakalářské práce

Student: **Jolana Křižanová**
Studijní program: B2647 Informační a komunikační technologie
Studijní obor: 2601R013 Telekomunikační technika
Téma: **Útlumy přeslechů**
Crosstalk Attenuation

Zásady pro vypracování:

Pro účely posuzování informační propustnosti symetrického vedení pro přenos digitálního signálu vypracujte metodiku pro měření přeslechů na blízkém (NEXT) a vzdáleném (FEXT) konci.

Řešení musí obsahovat:

1. Teoretický rozbor vzniku přeslechů a jejich vliv na přenos informací po symetrických vedeních.
2. Matematické modely útlumů přeslechů NEXT a FEXT.
3. Návrh pracoviště pro měření přeslechů.
4. Porovnání měření na reálném kabelu s navrženým modelem.

Seznam doporučené odborné literatury:

Elektrorevue, časopis pro elektrotechniku. [Online] <http://www.elektrorevue.cz/>. ISSN 1213-1539.
Access server. [Online] <http://access.feld.cvut.cz/>. ISSN 1214-9675.

ŠIMÁK, Boris, VODRÁŽKA, Jiří a SVOBODA, Jaroslav. 2005. Digitální účastnické přípojky xDSL. Díl I. Metody přenosu, popis přípojek HDSL, SHDSL, ADSL, VDSL. Praha : Sdělovací technika, s.r.o., 2005. ISBN 80-86645-07-X.

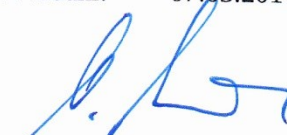
VODRÁŽKA, Jiří a ŠIMÁK, Boris. 2008. Digitální účastnické přípojky xDSL. Díl 2. Přenosové prostředí, druhá generace ADSL a VDSL, měření na přípojkách. Praha : Sdělovací technika, s.r.o., 2008. ISBN 80-86645-16-9.

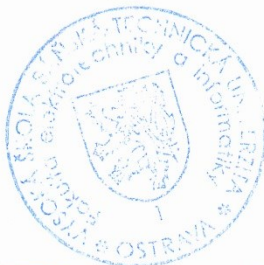
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Iva Petříková, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2013

Datum odevzdání: 07.05.2014


doc. Ing. Miroslav Vozňák, Ph.D.
vedoucí katedry





prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně. Uvedla jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.

V Ostravě dne: 6. května 2014


.....
podpis studenta

Poděkování

Ráda bych poděkovala paní Ing. Ivě Petříkové, Ph.D. za odbornou pomoc, přívětivý přístup, vedení a konzultaci při tvorbě této bakalářské práce.

Rovněž bych chtěla poděkovat mým kamarádům a rodině, kteří mi pomohli jakýmkoliv způsobem při tvorbě a také za jejich trpělivost a podporu.

Abstrakt

V mé bakalářské práci se zaměřuji na útlumy přeslechů a to především na útlum přeslechu na blízkém konci (NEXT) a na vzdáleném konci (FEXT). Budu se těmito přeslechy zabývat teoreticky a následně i prakticky. Měření budu provádět na různých délkách kabelu a následně budu vytvářet model pro daný přeslech a danou délku. Modely pak porovnáám s naměřenými a vypočtenými hodnotami.

Klíčová slova

Útlum přeslechu; útlum přeslechu na blízkém konci; NEXT; útlum přeslechu na vzdáleném konci; FEXT; přeslech; model; délka kabelu.

Abstract

In my work I focus on the attenuation and crosstalk attenuation, especially at the near end crosstalk (NEXT) and far end (FEXT). I will deal with these crosstalk theoretically and practically subsequently. I perform measurements on various cable lengths and then I will create a model for the crosstalk and the length. Models then compared to the measured and calculated values.

Key words

Crosstalk; attenuation crosstalk; NEXT; crosstalk attenuation at the far end; FEXT; crosstalk; model; cable length.

Seznam použitých symbolů

Symbol	Jednotky	Význam symbolu
A_{NEXT}	dB	Útlum přeslechu na blízkém konci
$P_{1\text{N}}$	W	Vstupní výkon na rušícím páru NEXT
$P_{2\text{N}}$	W	Výstupní výkon na rušeném páru NEXT
$U_{1\text{N}}$	V	Vstupní napětí na rušícím páru NEXT
$U_{2\text{N}}$	V	Výstupní napětí na rušeném páru NEXT
$Z_{1\text{N}}$	Ω	Vnitřní impedance na rušícím páru NEXT
$Z_{2\text{N}}$	Ω	Vnitřní impedance na rušeném páru NEXT
A_{FEXT}	dB	Útlum přeslechu na vzdáleném konci
$P_{2\text{F}}$	W	Výstupní výkon na rušeném páru FEXT
$U_{2\text{F}}$	V	Výstupní napětí na rušeném páru FEXT
$Z_{2\text{F}}$	Ω	Vnitřní impedance na rušeném páru FEXT
α	dB/km	Měrný útlum
l	km	Délka vedení
K_n		Konstanta pro n zdrojů přeslechového rušení
K_1		Konstanta pro 1 zdroj rušení v nejhorším případě
n		Počet zdrojů od 1 do 49
m		Celkový počet párů v kabelu
P_1	W	Vstupní výkon

Symbol	Jednotky	Význam symbolu
k_{NEXT}		Parametr pro modelování NEXT
f	Hz	frekvence
A_{prov}	dB	Provozní útlum
$A_{\text{S'NEXT}}$	dB	Odstup signálu od přeslechu u NEXT
$A_{\text{S'FEXT}}$	dB	Odstup signálu od přeslechu u FEXT
k_{FEXT}		Parametr pro modelování FEXT
L_{m1}	dBm	Absolutní úroveň na vstupu k hodnotě 1 mW
L_{m2}	dBm	Absolutní úroveň na výstupu k hodnotě 1 mW
f_{ref}	Hz	Referenční frekvence

Seznam použitých zkratek

Zkratka	Význam
NEXT	Near End Cross Talk
FEXT	Far End Cross Talk
ACR	Attenuation Cross-talk Ratio

Obsah

Úvod.....	- 10 -
1 Rušivé vlivy v přenosovém prostředí.....	- 11 -
1.1 Přeslech na blízkém a vzdáleném konci.....	- 11 -
1.2 Útlum přeslechu na blízkém konci.....	- 12 -
1.3 Útlum přeslechu na vzdáleném konci.....	- 13 -
2 Modely pro útlumy přeslechů.....	- 14 -
3 Útlum vedení.....	- 18 -
3.1 Provozní útlum.....	- 19 -
4 Modely útlumů přeslechů pro kabel SYKFY.....	- 22 -
4.1 Útlum přeslechu na blízkém konci.....	- 22 -
4.1.1 Model pro délky kabelu 250 m, 500 m a 1000 m.....	- 22 -
4.2 Útlum přeslechu na vzdáleném konci.....	- 23 -
4.2.1 Model pro délku kabelu 250 m.....	- 23 -
4.2.2 Model pro délku kabelu 500 m.....	- 24 -
4.2.3 Model pro délku kabelu 1000 m.....	- 24 -
5 Měření útlumu přeslechů.....	- 26 -
5.1 Měření útlumu přeslechu na blízkém konci.....	- 26 -
5.2 Měření útlumu přeslechu na vzdáleném konci.....	- 28 -
6 Porovnání měření na reálném kabelu s navrženým modelem.....	- 30 -
6.1 Porovnání útlumu přeslechu na blízkém konci.....	- 30 -
6.2 Porovnání útlumu přeslechu na vzdáleném konci.....	- 32 -
Závěr.....	- 34 -
Použitá literatura.....	- 35 -
Seznam příloh.....	- 36 -

Úvod

V mé bakalářské práci jsem se zabývala útlumy přeslechů. Útlum přeslechu na blízkém konci (NEXT) a útlum přeslechu na vzdáleném konci (FEXT) jsem nejprve řešila teoreticky, kde jsem zjistila, jak vznikají a jak probíhají. Následně jsem je začala zpracovávat i prakticky. Nejprve jsem měřila útlum přeslechu na blízkém konci a následně i útlum přeslechu na vzdáleném konci za použití generátoru (Agilent 33210A), měřiče úrovně (Instek GVT-4278 AC milivoltmeter 2 channel), synchronizačních členů, impedancí a kabelu (3 různé délky – 250 m, 500 m, 1000 m). Změřené hodnoty jsem zapisovala a dále s nimi pracovala ve výpočtech. Pro každou délku kabelu jsem vypočítala přeslechové parametry a vytvořila model pro přeslech. Z naměřených a vypočtených hodnot jsem pak tvořila grafické výstupy a porovnání.

1 Rušivé vlivy v přenosovém prostředí

Při přenosu působí i jiné rušivé vlivy, než jen vlastnosti symetrického páru. Jsou to třeba vazby mezi jednotlivými páry v profilu kabelu, nebo rušivé vlivy okolí. Zdroje rušení mohou způsobit, že se sníží informační propustnost páru. Jestliže u přenosových systémů bude relativně malý vliv vnitřních systémových rušení, pak bude informační kapacita určována především vnějšími zdroji rušení. Tyto zdroje jsou například:

- Přeslech na blízkém konci (NEXT)
- Přeslech na vzdáleném konci (FEXT)
- Vysokofrekvenční rušení
- Impulsní rušení

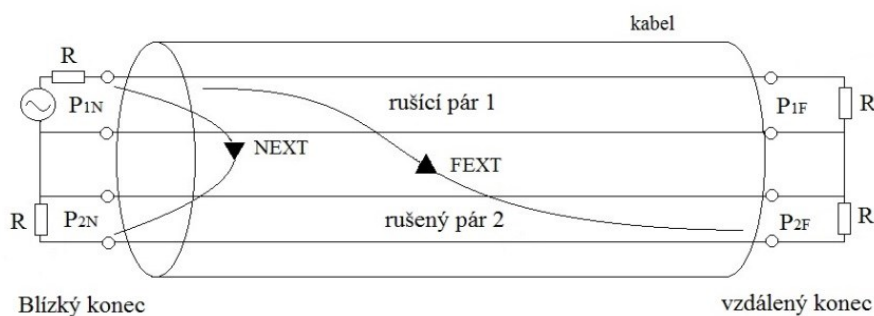
Celkovou propustnost kanálu ovlivňuje kombinace rušících zdrojů, ta snižuje odstup signálu od šumu. [4]

1.1 Přeslech na blízkém a vzdáleném konci

Ostatní přenosové systémy, které jsou nasazeny v tom samém kabelu, jsou nejvýznamnějšími zdroji rušení. V kabelu je každý pár rušen ostatními páry, které jsou s ním v souběhu. Roli hraje vzájemná poloha v kabelu, vzájemný poměr skrutů. Přeslechy rozdělujeme podle toho, na kterém místě se projevují. Viz obrázek 1.1

Přeslech na blízkém konci NEXT – projevuje se při přenosu signálu z vysílače na ostatní páry v téže kabelu přes kapacitní a induktivní vazby na vstup přijímače na stejném konci.

Přeslech na vzdáleném konci FEXT – projevuje se tak, že signály z vysílače na jiných párech v téže kabelu prostupují do vstupu přijímače na protějším konci vedení. [4]



Obrázek 1.1: Přeslechy NEXT a FEXT mezi páry stejného kabelu

Tyto přeslechy můžeme dále dělit na vlastní (SNEXT, SFEXT), ty jsou způsobeny stejným linkovým kódem, a cizí (FNEXT, FFEXT), ty jsou zapříčiněny dalšími vysílači linkového signálu jiného typu. Vysílače mohou mít odlišné frekvenční pásmo nebo úroveň přenášeného signálu.

U systémů s převládajícím NEXT se přeslech na vzdáleném konci převážně zanedbává. NEXT je také zpravidla nejpodstatnějším omezujícím faktorem, který omezuje dosah digitálních přenosových systémů v základním pásmu a s vyššími přenosovými rychlostmi. [4]

1.2 Útlum přeslechu na blízkém konci

Tento útlum přeslechu se získá z poměrů výkonů na rušícím páru 1 a rušeném páru 2 (můžeme vidět na obrázku 1.1), podle vztahu (1.1):

$$A_{NEXT} = 10 \log \frac{P_{1N}}{P_{2N}} \quad [dB] \quad (1.1)$$

kde:

P_{1N} ... vstupní výkon na rušícím páru na blízkém konci

P_{2N} ... výstupní výkon na rušeném páru na blízkém konci

Pro výpočet útlumu přeslechu na blízkém konci se dá využít i vzorec (1.2), který budu používat i v měření.

$$A_{NEXT} = 20 \log \frac{U_{1N}}{U_{2N}} + 10 \log \frac{Z_{2N}}{Z_{1N}} \quad [dB] \quad (1.2)$$

U_{1N} ... vstupní napětí na rušícím páru na blízkém konci

U_{2N} ... výstupní napětí na rušeném páru na blízkém konci

Z_{2N} ... vnitřní impedance na rušeném páru na blízkém konci

Z_{1N} ... vnitřní impedance na rušícím páru na blízkém konci

Při měření tohoto typu přeslechu je na stejné straně měřeného kabelu připojen jak generátor, tak i přijímač. Útlum přeslechu je velmi závislý na kmitočtu. Tuto závislost představuje v logaritmických souřadnicích kmitočtu přímkou se sklonem -15 dB/dekádu. Přeslechy jsou závislé na vzájemné poloze párů, u vzdálenějších párů je menší přeslechová vazba, ale větší útlum přeslechu. Na vyšších kmitočtech se přeslechové rušení projevuje intenzivněji. V podstatě je přeslech na blízkém konci nezávislý na délce vedení. [3]

1.3 Útlum přeslechu na vzdáleném konci

Jako u NEXT, vztah (1.3) pro výpočet můžeme vidět na obrázku 1.1, opět je to poměr výkonů na blízkém a vzdáleném konci:

$$A_{FEXT} = 10 \log \frac{P_{1N}}{P_{2F}} \quad [dB] \quad (1.3)$$

kde:

P_{1N} ... vstupní výkon na rušícím páru na blízkém konci

P_{2F} ... výstupní výkon na rušeném páru na vzdáleném konci

Stejně jak pro blízký konec i u vzdáleného budeme v měření počítat se vzorcem (1.4).

$$A_{FEXT} = 20 \log \frac{U_{1N}}{U_{2F}} + 10 \log \frac{Z_{2F}}{Z_{1N}} \quad [dB] \quad (1.4)$$

U_{1N} ... vstupní napětí na rušícím páru na blízkém konci

U_{2F} ... výstupní napětí na rušeném páru na vzdáleném konci

Z_{2F} ... vnitřní impedance na rušeném páru na vzdáleném konci

Z_{1N} ... vnitřní impedance na rušícím páru na blízkém konci

Při měření tohoto přeslechu jsou na měřeném kabelu připojeny generátor a přijímač na protějších stranách jiných párů. FEXT je také závislý na kmitočtu, a to zpočátku s tendencí -20 dB/dekádu, ale zvětšuje se s rostoucím útlumem vedení. Tento útlum přeslechu je výrazně závislý na délce vedení. [3]

2 Modely pro útlumy přeslechů

Kvůli nerovnováze kapacitního a induktivního charakteru mezi dvojicemi vodičů tvořící pár vznikají přeslechy. Mezi vodiči obou párů jsou kapacitní a induktivní vazby, z kterých je vytvořen admitanční můstek. Vznik přeslechů je závislý na vyvážení tohoto můstku. Tyto admitance mají čistě kapacitní charakter. [4]

Navíc můžeme u dlouhých vedení určit přenosovou funkci výkonu přeslechu H_{NEXT} ² vydělením rovnice vysílacím výkonem P_I . Získáme vztah (2.1), podle kterého roste míra vazeb přeslechu s kmitočtem umocněným na 3/2. To platí, když na druhé odmocnině kmitočtu závisí přibližný měrný útlum. Toto používáme jen u vyšších kmitočtových oblastí. Pro charakteristickou impedanci platí to samé, zároveň ji můžeme považovat za konstantní. [4]

$$H_{NEXT}(f)^2 = \frac{P_{2N}(f)}{P_1(f)} = \frac{Z^2 \omega^2 k}{4\alpha(f)} = \frac{k' f^2}{k_\alpha f^{1/2}} = K_{NEXT} f^{3/2} \quad (2.1)$$

α ... měrný útlum

k_α ... konstanta násobená odmocninou z frekvence

Model pro přeslech na vzdáleném konci se určí z výrazu pro přeslech z nekonečně krátkého úseku rušícího na krátký úsek rušeného páru. Velikost přeslechu na vzdáleném konci je závislá na frekvenci a délce vedení. FEXT se dá vyjádřit vzorcem (2.2):

$$H_{FEXT}(f)^2 = \frac{P_{2F}(f)}{P_1(f)} = K_{FEXT} * f^2 * l * H(f)^2 \quad (2.2)$$

K_{FEXT} ... konstanta závislá na typu použitého kabelu

l ... délka vedení v metrech

$H(f)^2$... přenosová funkce výkonu symetrického páru, to vyjádříme vzorcem (2.3):

$$H(f)^2 = 10^{-0,1*\alpha(f)*l} \quad (2.3)$$

α ... měrný útlum

Určení konstant K , je u modelování přeslechů problém. Reálné závislosti přeslechových vazeb na kmitočtu mají podstatné zvlnění, které zapříčinila nepravidelnost kapacitních a induktivních nerovnováh kolem vedení. Závisí na tom, jak byl kabel vyroben, jak se dodržela tolerance, ale i na způsobu pokládky a ohybech. [4][1]

Mezi konkrétní dvojicí páru nepotřebujeme znát přeslechové vazby, ale vazby těch párů, kde jsou nasazeny systémy vyvolávající rušení. Přeslechové poměry v kabelu můžeme analyzovat dvěma modely. První můžeme získat z nejhoršího případu přeslechů mezi sousedícími páry. Při analýze postupně přidáváme systémy do kabelu a obsazujeme tak nejprve kombinace s nejsilnějším rušením. Tomu odpovídá tento model (2.4):

$$K_n = K_1 * (n)^{0,6} \quad (2.4)$$

K_n ... konstanta pro n zdrojů přeslechového rušení

K_1 ... konstanta pro 1 zdroj rušení v nejhorším případě rušení od sousedícího páru

n ... počet zdrojů rušení od 1 do 49

Při modelování se používá kabel s 50-ti páry. Kdybychom řešili více než 50-ti párové kabely, můžeme modelování zjednodušit tím, že budeme brát každou skupinu izolovaně, protože vazby mezi skupinami jsou velice nízké. Když budeme předpokládat, že máme rušící páry v kabelu rovnoměrně rozloženy, můžeme vztah upravit na tvar (2.5):

$$K_n = K_1 * \left(50 * \frac{n}{m}\right)^{0,6} \quad (2.5)$$

m ... celkový počet párů v kabelu

Druhý model (2.6) získáme z průměrné úrovně rušení a z lineárního nárůstu rušení vzniklé kvůli přibývajícím systémům v kabelu. Shoduje se to s postupným přidáváním přípojek rovnoměrně rozprostřených v kabelu.

$$K'_n = K'_1 * n \quad (2.6)$$

K'_n ... konstanta pro n zdrojů rušení (přeslechu)

K'_1 ... konstanta pro 1 zdroj rušení (průměrná míra přeslechů v kabelu)

Přeslechy značně závisí na vzájemné poloze párů, mezi páry vzdálenějšími jsou přeslechové vazby slabší, a délkách skrutu vodičů v páru, jsou slabší vazby u párů se skruty v necelstvém násobku.[1][4]

Po logaritmování vztahu (2.1) získáme útlum přeslechu na blízkém konci (2.7), který se stává modelem pro útlum přeslechu závislý na frekvenci.

$$A_{NEXT} = 10 \log \frac{P_1}{P_{2N}} = k_{NEXT} - 15 \log f \text{ [dB]} \quad (2.7)$$

P_1 ... výkon na vstupu [W]

P_{2N} ... vstupní výkon na rušícím páru na blízkém konci [W]

k_{NEXT} ... koeficient pro přepočtení přeslechových parametrů

f ... frekvence [MHz]

Útlum přeslechu na vzdáleném konci lze vyjádřit po logaritmování (2.2) vztahem (2.8) v dB:

$$A_{FEXT} = 10 \log \frac{P_1}{P_{2F}} = k_{FEXT} + A_{prov} - 20 \log f - 10 \log l \quad (2.8)$$

P_1 ... výkon na vstupu [W]

P_{2F} ... vstupní výkon na rušícím páru na blízkém konci [W]

k_{FEXT} ... koeficient pro přepočtení přeslechových parametrů

A_{prov} ... provozní útlum [dB]

f ... frekvence [MHz]

l ... délka vedení [km]

Tento útlum se snižuje o 20 dB na dekádu frekvence, ale zároveň se zvětšuje s útlumem vedení. Do určitého kmitočtu přeslechové rušení roste, ale kvůli rostoucímu útlumu vedení začne klesat. To je vhodné pro přenos signálu v nejvyšších kmitočtových oblastech. Je závislý na délce vedení.[4]

Pro zjištění působení přeslechu na přenos signálu je nejdůležitější odstup signálu od přeslechu, označován jako $A_{S/NEXT}$ nebo $A_{S/FEXT}$ (také se označuje zkratkou ACR – Attenuation Cross-talk Ratio). Ten bude pro shodné systémy (na rušeném i rušícím páru) určen útlumem přeslechu zmenšeným o útlum A úseku vedení délky l . [3]

Vztah (2.9) je pro odstup od přeslechu na blízkém konci v [dB]:

$$A_{S'NEXT}(f) = A_{NEXT}(f) - A(f) = k_{NEXT} - 15 \log f - A_{prov} \quad (2.9)$$

k_{NEXT} ... koeficient pro přepočet přeslechových parametrů

A_{prov} ... provozní útlum [dB]

f ... frekvence [MHz]

$A_{NEXT}(f)$... útlum přeslechu na určité frekvenci [dB]

$A(f)$... útlum na určité frekvenci

A vztah pro odstup od přeslechu na vzdáleném konci v [dB] je následující (2.10):

$$A_{S'FEXT}(f) = A_{FEXT}(f) - A(f) = k_{FEXT} - 20 \log f - 10 \log l \quad (2.10)$$

k_{FEXT} ... koeficient pro přepočet přeslechových parametrů

f ... frekvence [MHz]

l ... délka vedení [km]

$A_{FEXT}(f)$... útlum přeslechu na určité frekvenci [dB]

$A(f)$... útlum na určité frekvenci

Po porovnání závislostí odstupů od přeslechu u NEXT a FEXT, objevíme závažnější působení přeslechu u NEXT ve dvou směrech:

- Pomalejší ze začátku, ale s rostoucím kmitočtem viditelně prudší pokles odstupů od přeslechu NEXT.
- Se zvyšující délkou vedení je prudší pokles odstupů od přeslechu NEXT, a zároveň lineární na rozdíl od logaritmického u FEXT.

Z tohoto vyplývá snaha o eliminování vlivu NEXT k vyšším kmitočtům u systémů za pomoci kmitočtového nebo časového dělení přenosových směrů.[3][4]

3 Útlum vedení

Útlum vedení A , který je vyjádřen vzorcem (3.1), je nejdůležitější parametr u přenosu signálů omezující dosah přenosových systémů. [3]

$$A = \alpha * l \quad [\text{dB}] \quad (3.1)$$

α ... měrný útlum [dB/km]

l ... délka vedení [km]

Pro symetrické vedení je útlum základním parametrem. Také vyjadřuje schopnost média, jak přenášet signál tvořen elektrickým výkonem ze vstupu na výstup. Lze použít vztah (3.2):

$$A = 10 \log \frac{P_1}{P_2} = L_{m1} - L_{m2} \quad [\text{dB}] \quad (3.2)$$

P_1 ... výkon na vstupu [W]

P_2 ... výkon na výstupu [W]

L_{m1} ... absolutní úroveň výkonu na vstupu k referenční hodnotě 1mW

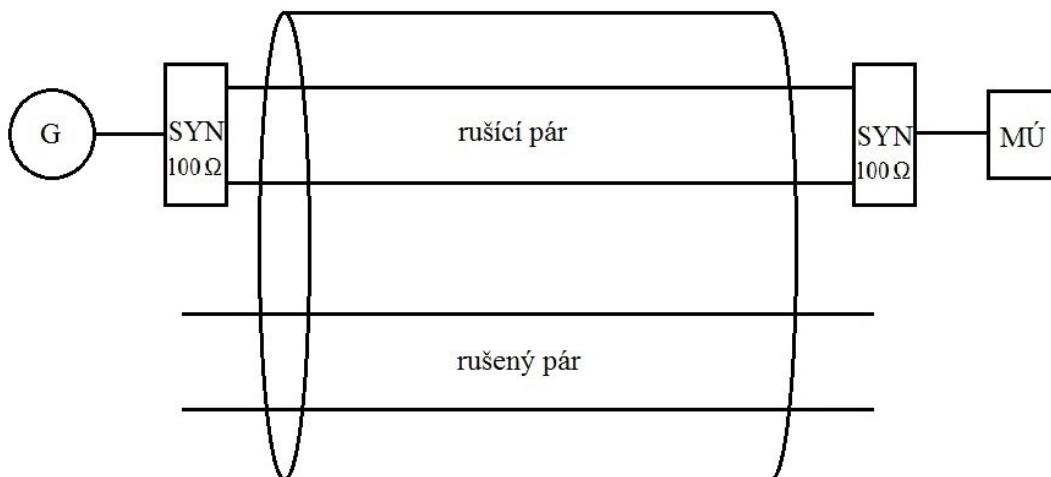
L_{m2} ... absolutní úroveň výkonu na výstupu k referenční hodnotě 1mW

Útlum je u symetrických vedení značně závislý na kmitočtu, neboť primární a sekundární parametry vedení jsou kmitočtově závislé.[3]

Pro stanovení modelu přeslechu na vzdáleném konci bude nutné stanovit provozní útlum kabelu.

3.1 Provozní útlum

Provozní útlum byl změřen podle zapojení na Obrázku 3.1. Měření se provádí jen na jednom páru kabelu, v tomto případě na rušícím páru. Jeden konec páru jsem zakončila přes synchronizační člen generátorem a druhý konec přes synchronizační člen měřičem úrovně.



Obrázek 3.1: Schéma zapojení pro měření provozního útlumu

Vztah pro výpočet provozního útlumu (3.3) :

$$A_{Prov} = L_{vst} - L_{výst} + 10 \log \frac{Z_2}{Z_1} \quad [\text{dB}] \quad (3.3)$$

A_{Prov} ... provozní útlum [dB]

L_{vst} ... úroveň výstupního napětí [dBm]

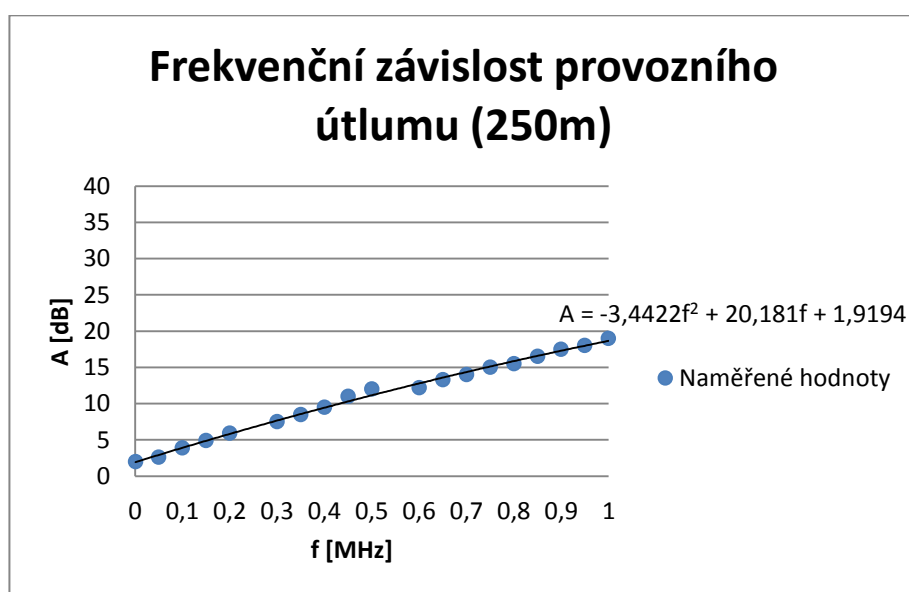
$L_{výst}$... úroveň vstupního napětí [dBm]

Z_2, Z_1 ... vnitřní impedance [Ω]

Pro názorný výpočet provozního útlumu použijeme vzorec (3.3). Hodnota úrovně vstupního napětí vztahující se k efektivní hodnotě napětí 0,78 V je rovno 0. Člen $10 \cdot \log(Z_2/Z_1)$ je roven také 0, neboť vnitřní impedance jsou zvoleny 100 Ω . Naměřená úroveň výstupního napětí a vypočtený provozní útlum nalezneme v Příloze G, tabulka G. 1.

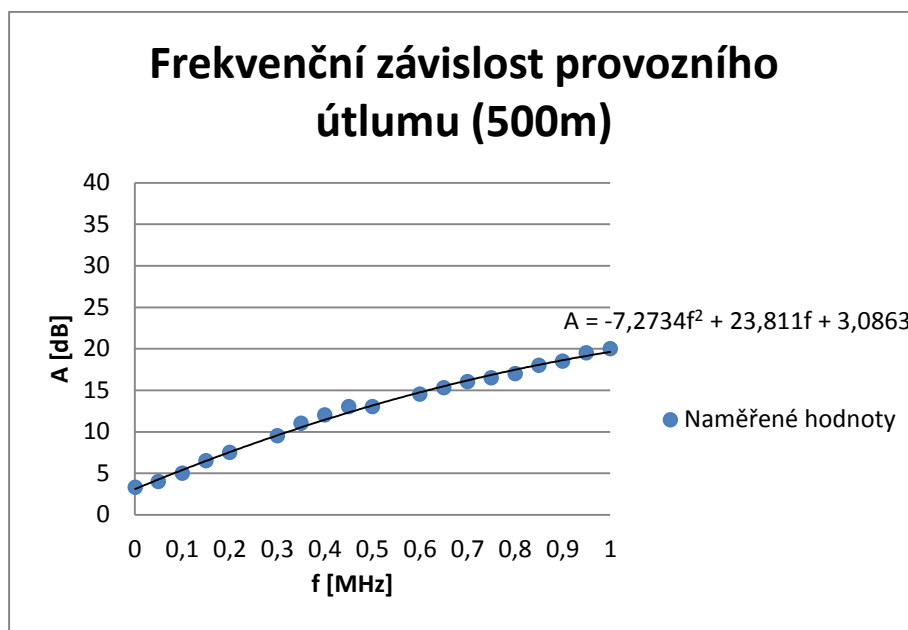
$$A_{Prov} = 0 - (2) + 0 = -(-2) = 2 \text{ dB}$$

Na Obrázek 3.2 je graficky zobrazena frekvenční závislost provozního útlumu pro délku kabelu 250 m. Naměřené hodnoty provozního útlumu jsou proloženy polynomicou křivkou. Zobrazený polynom je následně použit k výpočtu modelu pro přeslech na vzdáleném konci.

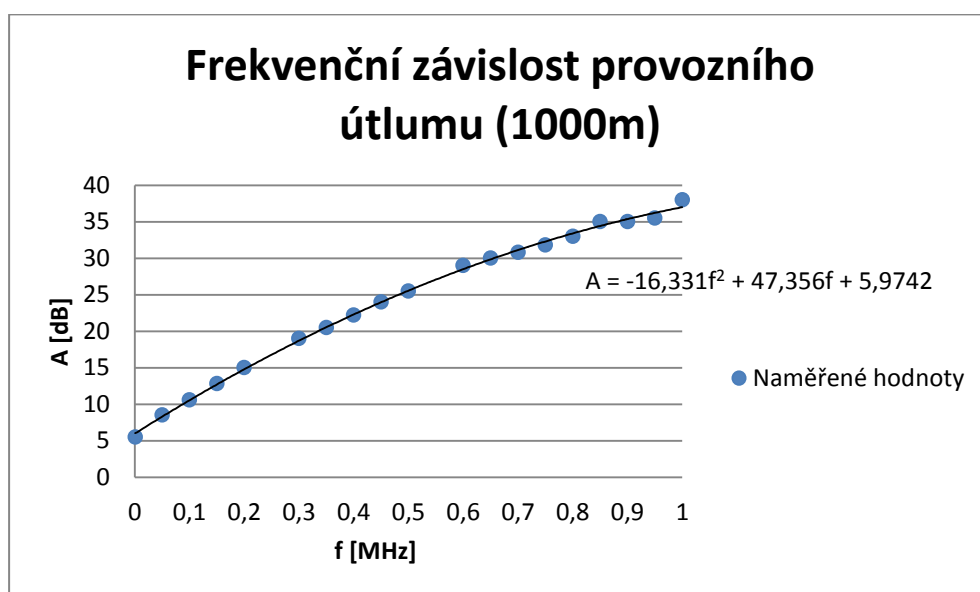


Obrázek 3.2: Frekvenční závislost provozního útlumu na délce kabelu 250 m

Na následujících obrázcích je rovněž graficky zobrazena frekvenční závislost provozního útlumu, na Obrázku 3.3 je pro délku kabelu 500 m a na Obrázku 3.4 je pro délku kabelu 1000 m. Opět jsou proloženy polynomicou křivkou, ze které získáme polynom pro přesnější výpočet modelu pro útlum přeslechu na vzdáleném konci



Obrázek 3.3: Frekvenční závislost provozního útlumu na délce kabelu 500 m



Obrázek 3.4: Frekvenční závislost provozního útlumu na délce kabelu 1000 m

4 Modely útlumů přeslechů pro kabel SYKFY

4.1 Útlum přeslechu na blízkém konci

Vztah pro přepočet mezi parametry v dB a dosazování kmitočtu v MHz, nebo délky v km, jsou pro NEXT (4.1):[4]

$$-k_{NEXT} = 90 + 10 \log K_{NEXT} \quad [\text{dB}] \quad (4.1)$$

Parametry přeslechu z naměřeného útlumu přeslechu [dB] na daném kmitočtu f_{ref} [Hz] zjistíme pro přeslech na blízkém konci výpočtem (4.2):[4]

$$K_{NEXT} = \frac{10^{\frac{A_{NEXT}(f_{ref})}{10}}}{\sqrt{f_{ref}^3}} \quad (4.2)$$

$A_{NEXT}(f_{ref})$... útlum přeslechu na blízkém konci na referenční frekvenci [dB]

f_{ref} ... referenční kmitočet [Hz]

4.1.1 Model pro délky kabelu 250 m, 500 m a 1000 m

Parametry přeslechu (4.1), (4.2) jsem určila pro naměřený útlum $A_{NEXT} = 42,2 \text{ dB}$ při referenční frekvenci $f_{ref} = 1 \text{ MHz}$:

$$K_{NEXT} = \frac{10^{\frac{A_{NEXT}(f_{ref})}{10}}}{\sqrt{f_{ref}^3}} = \frac{10^{\frac{42,2}{10}}}{\sqrt{(1 * 10^6)^3}} = 6,0256 * 10^{-14}$$

$$-k_{NEXT} = 90 + 10 \log K_{NEXT} = 90 + 10 \log(6,0256 * 10^{-14}) = -42,2$$

Model útlumu přeslechu na blízkém konci pro kabel SYKFY délky 250 m lze vyjádřit dosazením do vztahu (2.7):

$$A_{NEXT} = 42,2 - 15 \log f \quad [\text{dB}; \text{MHz}]$$

Tento model platí i pro ostatní délky kabelu (500 m a 1000 m), protože útlum přeslechu na blízkém konci není závislý na délce vedení.

4.2 Útlum přeslechu na vzdáleném konci

Vztah pro přepočet mezi parametry v dB a dosazování kmitočtu v MHz, nebo délky v km, jsou pro FEXT (4.3):[4]

$$-k_{FEXT} = 120 + 30 + 10 \log K_{FEXT} \quad [\text{dB}] \quad (4.3)$$

Pro výpočet přeslechu na vzdáleném konci potřebujeme znát ještě délku [m] a útlum na referenčním kmitočtu $A(f_{ref})$ je vztah (4.4):[4]

$$K_{FEXT} = \frac{10^{\frac{A_{prov}(f_{ref}) - A_{FEXT}(f_{ref})}{10}}}{f_{ref}^3 * l} \quad (4.4)$$

$A_{prov}(f_{ref})$... provozní útlum na referenční frekvenci [dB]

$A_{FEXT}(f_{ref})$... útlum na vzdáleném konci na referenční frekvenci [dB]

f_{ref} ... referenční frekvence [Hz]

l ... délka vedení [m]

(Šimák Boris, 2008)

4.2.1 Model pro délku kabelu 250 m

Parametry přeslechu (4.3), (4.4) na vzdáleném konci jsem určila pro naměřený útlum $A_{FEXT} = 56,02 \text{ dB}$ a provozní útlum $A_{prov} = 9,5 \text{ dB}$ při referenční frekvenci $f_{ref} = 0,4 \text{ MHz}$, na rozdíl od NEXT, zde potřebujeme znát ještě délku kabelu l . Následující výpočet já pro délku kabelu $l = 250 \text{ m}$:

$$K_{FEXT} = \frac{10^{\frac{A_{prov}(f_{ref}) - A_{FEXT}(f_{ref})}{10}}}{f_{ref}^3 * l} = \frac{10^{\frac{9,5 - 56,02}{10}}}{(0,4 * 10^6)^3 * 250} = 5,5711 * 10^{-19}$$

$$\begin{aligned} -k_{FEXT} &= 120 + 30 + 10 \log K_{FEXT} = 120 + 30 + 10 \log(5,5711 * 10^{-19}) = \\ &= -32,54 \end{aligned}$$

Model útlumu přeslechu na vzdáleném konci pro kabel SYKFY délky 250 m lze vyjádřit vztahem (2.8), kde za A_{prov} dosadíme polynom z provozního útlumu (Obrázek 3.2) a za l délku v km. V úpravě sečteme hodnoty dosazené za k_{FEXT} a $10 \cdot \log l$:

$$\begin{aligned} A_{FEXT} &= 32,54 + (-3,4f^2 + 20,2f + 1,9) - 20 \log f - 10 \log 0,25 = \\ &= 38,56 + (-3,4f^2 + 20,2f + 1,9) - 20 \log f \end{aligned}$$

4.2.2 Model pro délku kabelu 500 m

Parametry přeslechu na vzdáleném konci jsem určila pro naměřený útlum $A_{FEXT} = 49,94 \text{ dB}$ a provozní útlum $A_{prov} = 12 \text{ dB}$ při referenční frekvenci $f_{ref} = 0,4 \text{ MHz}$, na rozdíl od NEXT, zde potřebujeme znát ještě délku kabelu l . Následující výpočet já pro délku kabelu $l = 500 \text{ m}$:

$$K_{FEXT} = \frac{10^{\frac{A_{prov}(f_{ref}) - A_{FEXT}(f_{ref})}{10}}}{f_{ref}^3 * l} = \frac{10^{\frac{12 - 49,94}{10}}}{(0,4 * 10^6)^3 * 500} = 2,0087 * 10^{-18}$$

$$\begin{aligned} -k_{FEXT} &= 120 + 30 + 10 \log K_{FEXT} = 120 + 30 + 10 \log(2,0087 * 10^{-18}) = \\ &= -26,97 \end{aligned}$$

Model útlumu přeslechu na vzdáleném konci pro kabel SYKFY délky 500 m lze vyjádřit vztahem (2.8), kde za A_{prov} dosadíme polynom z provozního útlumu (Obrázek 3.3) a za l délku v km. V úpravě sečteme hodnoty dosazené za k_{FEXT} a $10 \cdot \log l$:

$$\begin{aligned} A_{FEXT} &= 26,97 + (-7,3f^2 + 23,8f + 3,1) - 20 \log f - 10 \log 0,5 = \\ &= 29,98 + (-7,3f^2 + 23,8f + 3,1) - 20 \log f \end{aligned}$$

4.2.3 Model pro délku kabelu 1000 m

Parametry přeslechu na vzdáleném konci jsem určila pro naměřený útlum $A_{FEXT} = 51,01 \text{ dB}$ a provozní útlum $A_{prov} = 22,2 \text{ dB}$ při referenční frekvenci $f_{ref} = 0,4 \text{ MHz}$, na rozdíl od NEXT, zde potřebujeme znát ještě délku kabelu l . Následující výpočet já pro délku kabelu $l = 1000 \text{ m}$:

$$K_{FEXT} = \frac{10^{\frac{A_{prov}(f_{ref}) - A_{FEXT}(f_{ref})}{10}}}{f_{ref}^3 * l} = \frac{10^{\frac{22,2 - 51,01}{10}}}{(0,4 * 10^6)^3 * 1000} = 8,2202 * 10^{-18}$$

$$-k_{FEXT} = 120 + 30 + 10 \log K_{FEXT} = 120 + 30 + 10 \log(8,2202 \cdot 10^{-18}) = \\ = -20,85$$

Model útlumu přeslechu na vzdáleném konci pro kabel SYKFY délky 1000 m lze vyjádřit vztahem (2.8), kde za A_{prov} dosadíme polynom z provozního útlumu (Obrázek 3.4) a za l délku v km. V úpravě sečteme hodnoty dosazené za k_{FEXT} a $10 \cdot \log l$:

$$A_{FEXT} = 20,85 + (-16,3f^2 + 47,4f + 6) - 20 \log f - 10 \log 1 = \\ = 20,85 + (-16,3f^2 + 47,4f + 6) - 20 \log f \quad [\text{dB; MHz, km}]$$

Podle ANSI a ETSI norem je níže převzatá tabulka (Tabulka 4.1) parametrů vybraných typů kabelů a doporučených modelů pro modelování lokální sítě. Navíc je tabulka rozšířena o tři délky kabelu typu Sykf (2x2x0,5), který je používán v našich laboratořích. [4]

Tabulka 4.1: Přeslechové parametry vybraných kabelů

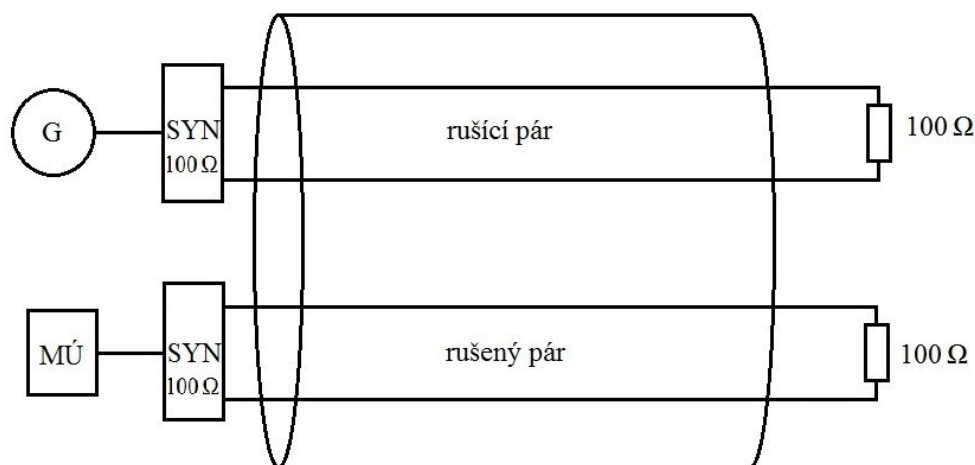
	k_{NEXT}	K_{NEXT}	k_{FEXT}	K_{FEXT}
model	[dB; MHz]	[-; Hz]	[dB; MHz, km]	[-; Hz, m]
UTP cat. 3	41,3	$7,413 \cdot 10^{-14}$	38,8	$1,585 \cdot 10^{-19}$
UTP cat. 5	62,3	$5,888 \cdot 10^{-16}$	50,8	$8,32 \cdot 10^{-21}$
ANSI	50,7	$0,8536 \cdot 10^{-14}$	45,95	$2,54 \cdot 10^{-20}$
ETSI	50	$1 \cdot 10^{-14}$	45	$3,16 \cdot 10^{-20}$
TCEPKPFLE	48,11	$1,5435 \cdot 10^{-14}$	38,85	$1,303 \cdot 10^{-19}$
SYKFY 250 m	42,2	$6,0256 \cdot 10^{-14}$	32,54	$5,5711 \cdot 10^{-19}$
SYKFY 500 m	42,2	$6,0256 \cdot 10^{-14}$	26,97	$2,0087 \cdot 10^{-18}$
SYKFY 1000 m	42,2	$6,0256 \cdot 10^{-14}$	20,85	$8,2202 \cdot 10^{-18}$

5 Měření útlumu přeslechů

Pracoviště pro měření útlumu přeslechu bylo vybaveno generátorem typu Agilent 33210A, měřicem úrovně typu Instek GVT-4278 AC milivoltmeter 2 channel. Měření bylo prováděno na kabelu typu SYKFY (2x2x0,5) délky 250 m, 500 m a 1000m. Nejprve jsem měřila útlum přeslechu na blízkém konci a následně na vzdáleném konci.

5.1 Měření útlumu přeslechu na blízkém konci

Na obrázku 5.1 můžeme vidět zapojení pro útlum přeslech na blízkém konci, kde na rušícím páru je zapojen na jednom konci přes synchronizační člen generátor G a je zakončen impedancí 100Ω na opačném konci. Na rušeném páru, na stejném konci jako generátor, je zapojen přes synchronizační člen, měřič úrovně MÚ a opět zakončen impedancí 100Ω na opačném konci. Na obou synchronizačních členech je impedance 100Ω .



Obrázek 5.1: Schéma zapojení pro přeslech na blízkém konci

Útlum přeslechu je stanoven výpočtem podle vztahu (1.2). Hodnoty napětí dosazované do tohoto vztahu byly stanoveny měřením při různých hodnotách frekvence signálu. Pro měření byl na generátoru nastaven signál s hodnotou napětí $2,2 V_{pp}$. Této hodnotě odpovídá efektivní hodnota napětí $0,78 V$ (nulová absolutní úroveň napětí). Měření U_{2N} bylo prováděno ve frekvenčním rozsahu 1 kHz až 1 MHz a bylo opakováno 10x pro každou délku.

Všechny změřené hodnoty napětí na blízkém konci rušeného páru v závislosti na frekvenci jsou pro délku 250 m uvedeny v Příloze A, tabulce A. 1. Vypočtené hodnoty útlumu přeslechu v závislosti na frekvenci jsou uvedeny v Příloze A, tabulce A. 2.

Následující příklad výpočtu útlumu přeslechu na blízkém konci je uveden pro frekvenci 0,001 MHz a délku kabelu 250 m (odpovídá hodnotám z tabulek A. 1 a A. 2):

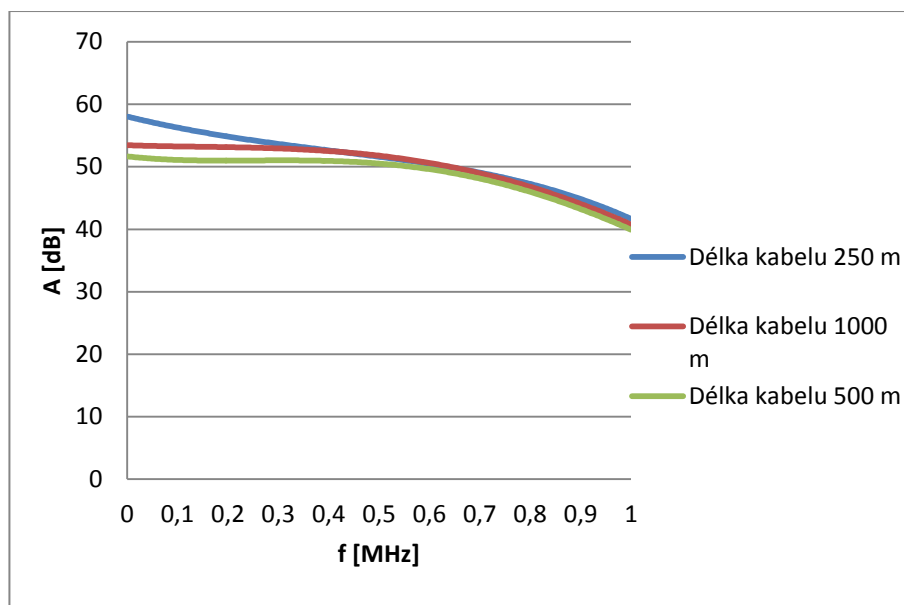
$$A_{NEXT} = 20 \log \frac{U_{1N}}{U_{2N}} + 10 \log \frac{Z_{2N}}{Z_{1N}} = 20 \log \frac{0,78}{0,75 * 10^{-3}} + 10 \log \frac{100}{100} =$$

$$= 20 \log \frac{0,78}{0,75 * 10^{-3}} + 0 = 60,34 \text{ dB}$$

Všechny změřené hodnoty napětí na blízkém konci rušeného páru v závislosti na frekvenci jsou pro délku 500 m uvedeny v Příloze B, tabulce B. 1. Vypočtené hodnoty útlumu přeslechu v závislosti na frekvenci jsou uvedeny v Příloze B, tabulce B. 2.

A pro délku kabelu 1000 m jsou změřené hodnoty napětí na blízkém konci v závislosti na frekvenci uvedeny v Příloze C, tabulce C. 1. Vypočtené hodnoty útlumu přeslechu v závislosti na frekvenci v Příloze C, tabulce C. 2.

Frekvenční charakteristiky všech tří kabelových délek jsou vyneseny pro srovnání do jednoho grafu (Obrázek 5.2)

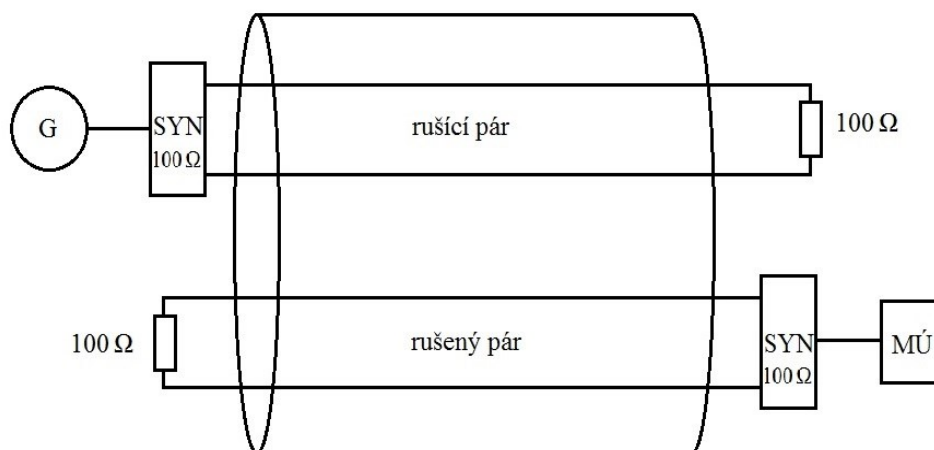


Obrázek 5.2: Srovnání frekvenční závislosti útlumu přeslechu na blízkém konci pro všechny délky kabelu

Potvrdilo se, že útlumy přeslechu na blízkém konci jsou prakticky nezávislé na délce a že se přeslech na blízkém konci projevuje více na vyšších kmitočtech

5.2 Měření útlumu přeslechu na vzdáleném konci

Na obrázku 5.3 můžeme vidět zapojení pro útlum přeslechu na vzdáleném konci, kde na rušícím páru je zapojen na jednom konci přes synchronizační člen generátor G a je zakončen impedancí 100Ω na opačném konci. Na rušeném páru, na stejném konci jako generátor, je pár zakončen impedancí a na opačném konci je zapojen přes synchronizační člen měřič úrovně MÚ. Na obou synchronizačních členech je impedance 100Ω .



Obrázek 5.3: Schéma zapojení pro přeslech na vzdáleném konci

Útlum přeslechu je stanoven výpočtem podle vztahu (1.4). Hodnoty napětí dosazované do tohoto vztahu byly stanoveny měřením při různých hodnotách frekvence signálu. Pro měření byl na generátoru nastaven signál s hodnotou napětí $2,2 V_{pp}$. Této hodnotě odpovídá efektivní hodnota napětí $0,78 V$ (nulová absolutní úroveň napětí). Měření U_{2F} bylo prováděno ve frekvenčním rozsahu $1 kHz$ až $1 MHz$ a bylo opakováno 10x pro každou délku.

Všechny změřené hodnoty napětí na vzdáleném konci rušeného páru v závislosti na frekvenci jsou pro délku $250 m$ uvedeny v Příloze D, tabulce D. 1. Vypočtené hodnoty útlumu přeslechu v závislosti na frekvenci jsou uvedeny v Příloze D, tabulce D. 2.

Následující příklad výpočtu útlumu přeslechu na vzdáleném konci je uveden pro frekvenci 0,001 MHz a délku kabelu 250 m (odpovídá hodnotám z tabulek D. 1 a D. 2):

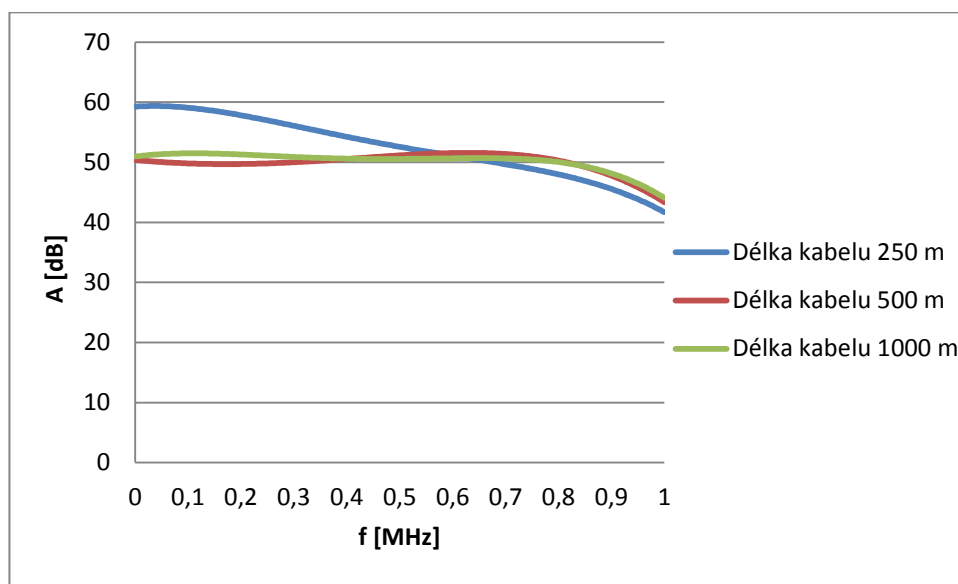
$$A_{FEXT} = 20 \log \frac{U_{1N}}{U_{2F}} + 10 \log \frac{Z_{2F}}{Z_{1N}} = 20 \log \frac{0,78}{0,8 * 10^{-3}} + 10 \log \frac{100}{100} =$$

$$= 20 \log \frac{0,78}{0,8 * 10^{-3}} + 0 = 59,78 \text{ dB}$$

Všechny změřené hodnoty napětí na vzdáleném konci rušeného páru v závislosti na frekvenci jsou pro délku 500 m uvedeny v Příloze E, tabulce E. 1. Vypočtené hodnoty útlumu přeslechu v závislosti na frekvenci jsou uvedeny v Příloze E, tabulce E. 2.

A pro délku kabelu 1000 m jsou změřené hodnoty napětí na vzdáleném konci v závislosti na frekvenci uvedeny v Příloze F, tabulce F. 1. Vypočtené hodnoty útlumu přeslechu v závislosti na frekvenci v Příloze F, tabulce F. 2.

Frekvenční charakteristiky všech tří kabelových délek jsou vyneseny pro srovnání do jednoho grafu (Obrázek 5.4)



Obrázek 5.4: Srovnání frekvenční závislosti útlumu přeslechu na vzdálené konci pro všechny délky kabelu

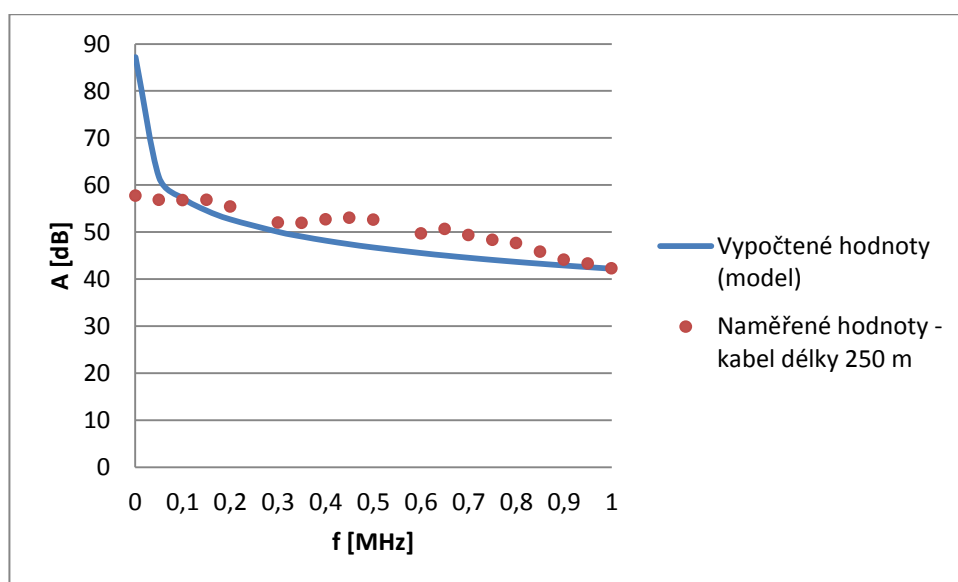
Potvrdilo se, že útlumy přeslechu na vzdáleném konci jsou závislé na délce. U kabelu s menší délkou (250 m) útlum klesá v celém měřeném rozsah. U delších kabelů (500 m a 1000 m) je zprvu útlum stálý a projeví se až u vyšších kmitočtů.

6 Porovnání měření na reálném kabelu s navrženým modelem

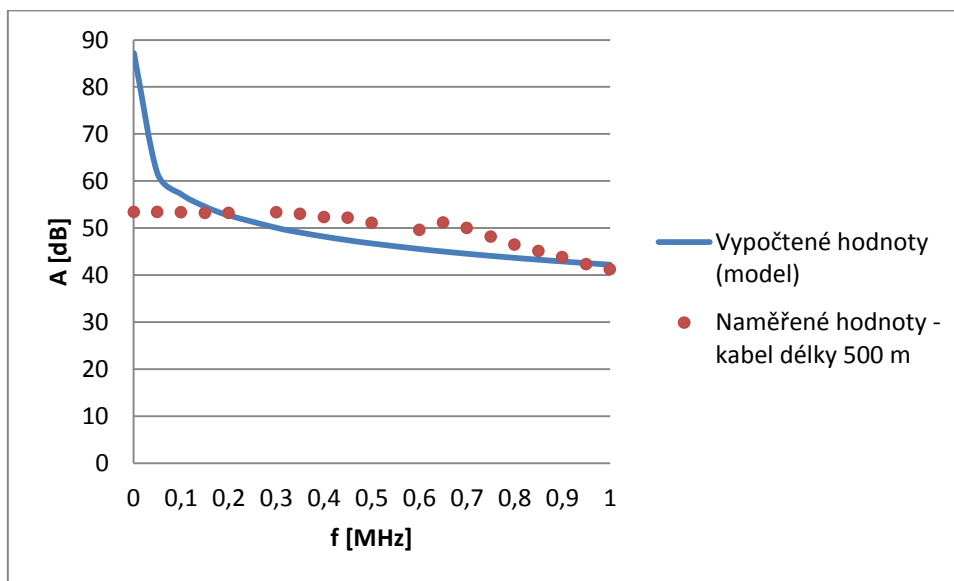
6.1 Porovnání útlumu přeslechu na blízkém konci

Na Obrázku 6.1 je grafické srovnání vypočteného modelu délky kabelu 250 m s naměřenými hodnotami útlumu přeslechu. Obrázek 6.2 obsahuje grafické srovnání modelu délky kabelu 500 m s naměřenými hodnotami a na Obrázku 6.3 srovnání modelu s naměřenými hodnotami u délky kabelu 1000 m.

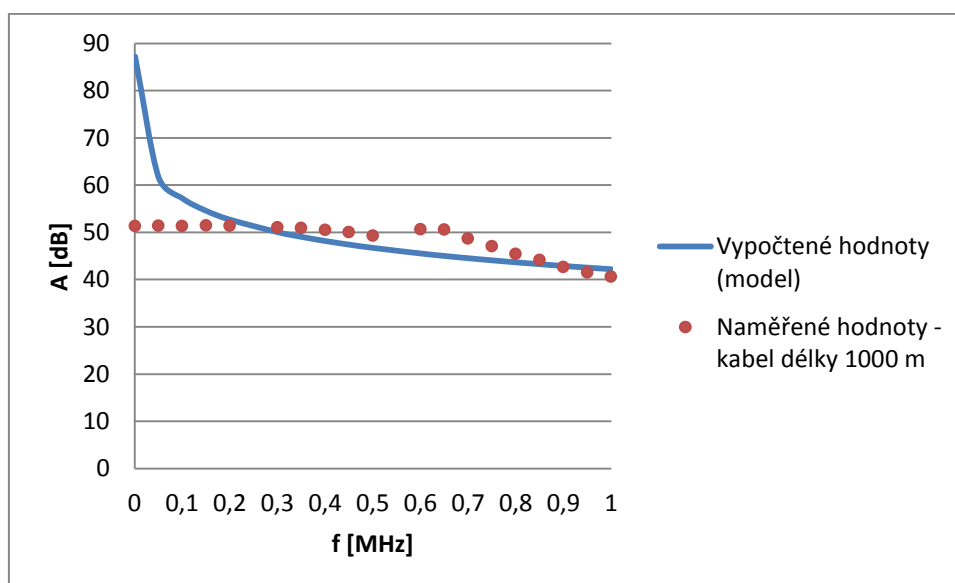
Můžeme vidět, že naměřené hodnoty útlumu přeslechu na blízkém konci se z větší míry blížily k navrženému modelu.



Obrázek 6.1: Porovnání modelu NEXT na délce kabelu 250 m s naměřenými hodnotami



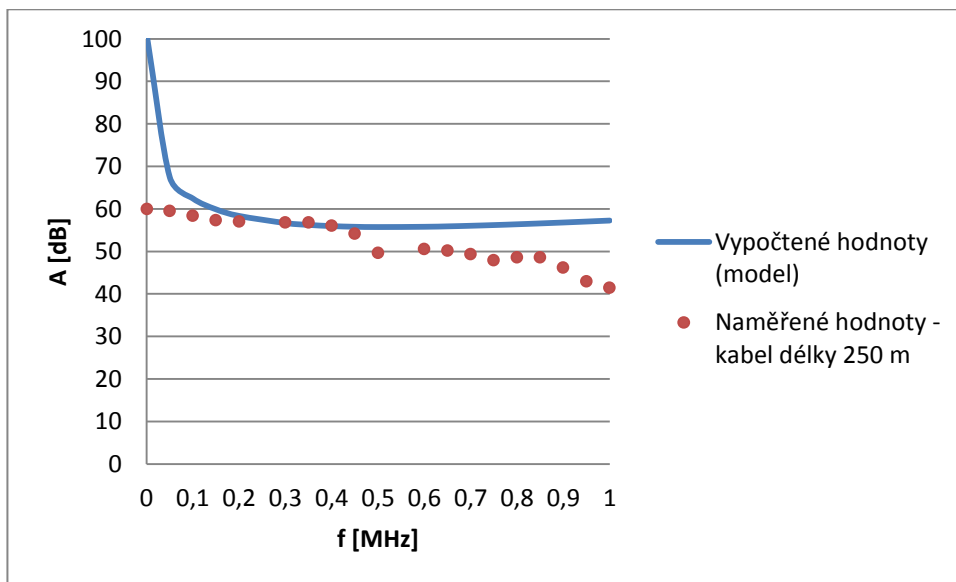
Obrázek 6.2: Porovnání modelu NEXT na délce kabelu 500 m s naměřenými hodnotami



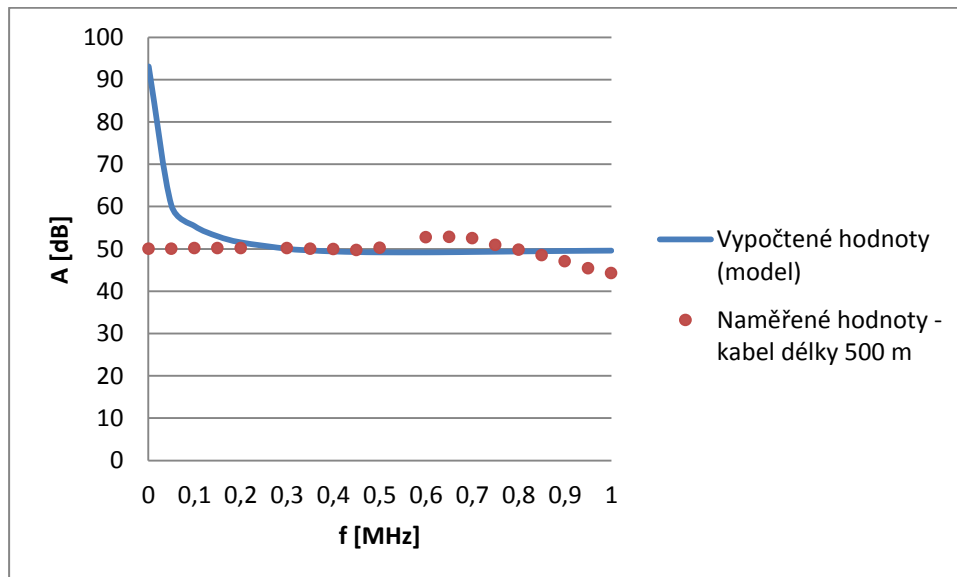
Obrázek 6.3: Porovnání modelu NEXT na délce kabelu 1000 m s naměřenými hodnotami

6.2 Porovnání útlumu přeslechu na vzdáleném konci

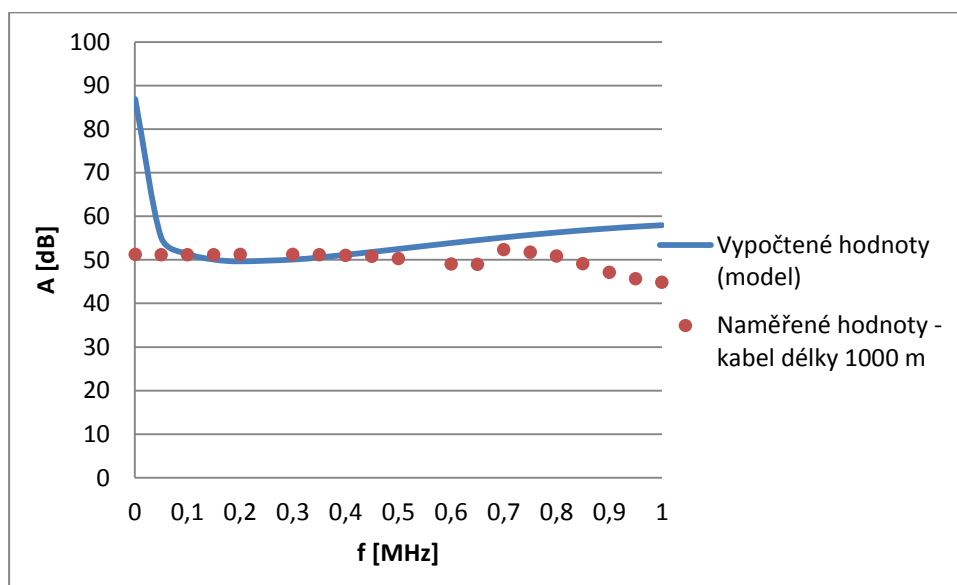
Na Obrázku 6.4 je grafické srovnání naměřených hodnot útlumu přeslechu na vzdáleném konci a modelu pro kabel délky 250 m. Srovnání naměřených hodnot a modelu pro délku kabelu 500 m je na Obrázku 6.5 a pro délku kabelu 1000 m je grafické srovnání na Obrázku 6.6.



Obrázek 6.4: Porovnání modelu FEXT na délce kabelu 250 m s naměřenými hodnotami



Obrázek 6.5: Porovnání modelu FEXT na délce kabelu 500 m s naměřenými hodnotami



Obrázek 6.6: Porovnání modelu FEXT na kabelu délky 1000 m s naměřenými hodnotami

Opět můžeme porovnat na grafických výstupech, že zvolený model není ideální, ale vyhovuje všem délkám a naměřené hodnoty pro FEXT se pohybují téměř kolem modelu.

Závěr

V mé bakalářské práci jsem se věnovala útlumu přeslechu na blízkém konci a útlumu přeslechu na vzdáleném konci symetrického vedení.

Pro každé měření jednotlivého typu útlumu jsem sestavila pracoviště a měřila požadované hodnoty, které jsme dále využila pro zjištění modelu přeslechu. Měření bylo prováděno na třech délkách kabelu typu Sykfy (250 m, 500 m a 1000 m), který je používán v našich laboratořích.

Abych mohla porovnat naměřené hodnoty s modelem útlumu přeslechu, musela jsem si nejprve model vytvořit. Pro vytvoření modelu jsem v první řadě potřebovala znát referenční frekvenci, která je nutná k získání parametru pro modelování. Nejprve jsem zkoušela počítat s více frekvencemi, než jsem našla optimální frekvenci, která vyhovovala pro všechny délky.

Model přeslechu na blízkém konci byl určen parametrem pro modelování, který odpovídal referenční frekvenci 1 MHz. Parametr byl pro všechny délky kabelu totožný, neboť útlum přeslechu na blízkém konci není závislý na délce kabelu.

Pro model přeslechu na vzdáleném konci parametr pro modelování odpovídal referenční frekvenci 0,4 MHz. Každá délka kabelu měla svůj vlastní parametr pro modelování, protože tento útlum přeslechu závisí na délce kabelu. Do rovnice modelu jsem dosazovala provozní útlum v polynomičtém tvaru kvůli přesnějšímu výpočtu.

Mé měření bylo prováděno ve frekvenčním rozsahu 1 kHz až 1 MHz. U tohoto rozsahu se útlumy přeslechu příliš neprojevovaly. Bylo by zapotřebí tato měření provést pro vyšší kmitočty, aby byl útlum přeslechu viditelný. Doporučila bych měření provést až do frekvence 50 MHz, kde se útlumy více projevují.

Použitá literatura

- [1] **Vodrážka, J. 2004.** *<http://access.feld.cvut.cz>*. [Online] 29. červenec 2004.
<http://access.feld.cvut.cz/view.php?navezclanku=modelovani-preslechu&cislocclanku=2004072911>.
- [2] **Schlitter, Miloš. 1995.** *Telekomunikační vedení*. 1995.
- [3] **Šimák Boris, Vodrážka Jiří, Svoboda Jaroslav. 2005.** *Digitální účastnické přípojky xDSL, Díl I*. Praha : Sdělovací technika s.r.o., 2005. ISBN 80-86645-07-X.
- [4] **Šimák Boris, Vodrážka Jiří, Svoboda Jaroslav. 2008.** *Digitální účastnické přípojky xDSL, Díl II*. Praha : Sdělovací technika s.r.o., 2008. ISBN 80-86645-16-9.
- [5] Doc. Ing. Jaroslav Svoboda, CSc., doc. Ing. Boris Šimák, CSc., Ing. Tomáš Zeman, *Základy teleinformatiky*, Praha, Vydavatelství ČVUT, 2000

Seznam příloh

Příloha A:	Útlum na blízkém konci – kabel délky 250 m.....	I
Příloha B:	Útlum na blízkém konci – kabel délky 500 m.....	III
Příloha C:	Útlum na blízkém konci – délka kabelu 1000 m.....	V
Příloha D:	Útlum na vzdáleném konci – kabel délky 250 m	VII
Příloha E:	Útlum na vzdáleném konci – délka kabelu 500 m	IX
Příloha F:	Útlum na vzdáleném konci – délka kabelu 1000 m.....	XI
Příloha G:	Provozní útlum	XIII

Příloha A: Útlum na blízkém konci – kabel délky 250 m

Tabulka A. 1: Tabulka naměřených hodnot napětí na blízkém konci rušeného páru

Měření č.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
f [MHz]	U_{2N} [mV]	U_{2N} [mV]	U_{2N} [mV]	U_{2N} [mV]	U_{2N} [mV]	U_{2N} [mV]	U_{2N} [mV]	U_{2N} [mV]	U_{2N} [mV]	U_{2N} [mV]
0,001	0,75	0,95	1	1	1,05	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1
0,05	0,9	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
0,1	0,95	1,1	1,15	1,1	1,15	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
0,15	0,9	1,1	1,1	1,05	1,15	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
0,2	1,1	1,3	1,35	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
0,3	1,8	1,95	2	1,9	2	2	2,05	2	2	2,05
0,35	1,8	1,95	2	1,95	2	2,05	2,05	2,05	2	2,05
0,4	1,6	1,75	1,8	1,75	1,85	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
0,45	1,55	1,7	1,7	1,7	1,75	1,8	1,85	1,85	1,85	1,85
0,5	1,75	1,8	1,8	1,8	1,9	2,1	2,1	2,1	1,2	2,1
0,6	2	2,55	2,6	2,55	2,6	2,95	2,9	2,95	2	2,95
0,65	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,3	2,4	2,3	2,4
0,7	2,6	2,6	2,5	2,5	2,6	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
0,75	3	2,8	2,8	2,8	2,8	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
0,8	3,2	3	3	3,1	3,1	3,4	3,5	3,5	3,4	3,5
0,85	4	3,7	3,8	3,8	3,8	4,2	4,3	4,3	4,2	4,2
0,9	4,9	4,5	4,6	4,7	4,6	5,1	5,2	5,1	5,1	5,1
0,95	5,2	5	5,1	5,1	5,1	5,6	5,7	5,6	5,7	5,6
1	6	5,6	5,7	5,8	5,7	6,3	6,4	6,3	6,4	6,4

Tabulka A. 2: *Tabulka vypočtených hodnot útlumů na blízském konci*

Měření č.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	Průměrná hodnota
f [MHz]	A _{NEXT} [dB]	A _{NEXT} [dB]	A _{NEXT} [dB]	A _{NEXT} [dB]	A _{NEXT} [dB]	A _{NEXT} [dB]	A _{NEXT} [dB]	A _{NEXT} [dB]	A _{NEXT} [dB]	A _{NEXT} [dB]	A _{NEXT} [dB]
0,001	60,34	58,29	57,84	57,84	57,42	56,63	57,01	57,01	57,01	57,01	57,64
0,05	58,76	57,01	57,01	57,01	57,01	56,26	56,26	56,26	56,26	56,26	56,81
0,1	58,29	57,01	56,63	57,01	56,63	56,26	56,26	56,26	56,26	56,26	56,69
0,15	58,76	57,01	57,01	57,42	56,63	56,26	56,26	56,26	56,26	56,26	56,81
0,2	57,01	55,56	55,24	55,56	55,56	54,92	54,92	54,92	54,92	54,92	55,35
0,3	52,74	52,04	51,28	52,27	51,82	51,82	51,61	51,82	51,82	51,61	51,94
0,35	52,74	52,04	51,28	52,04	51,82	51,61	51,61	51,61	51,82	51,61	51,87
0,4	53,76	52,98	52,74	52,98	52,5	52,27	52,27	52,27	52,27	52,27	52,63
0,45	54,04	53,23	53,23	53,23	52,98	52,74	52,5	52,50	52,5	52,5	52,94
0,5	52,98	52,74	52,74	52,74	52,27	51,40	51,40	41,4	56,26	51,4	52,53
0,6	51,82	49,71	49,54	49,71	49,54	48,45	48,59	48,45	51,82	48,45	49,61
0,65	50,99	50,99	50,99	50,61	50,61	50,24	50,61	50,24	50,61	50,24	50,61
0,7	49,54	49,54	49,88	49,88	49,54	48,90	48,9	48,9	48,9	48,9	49,29
0,75	48,30	48,9	48,9	48,9	48,9	47,74	47,74	47,74	47,74	47,74	48,26
0,8	47,74	48,3	48,3	48,01	48,01	47,21	46,96	46,96	47,21	46,96	47,57
0,85	45,80	46,48	46,25	46,25	46,25	45,38	45,17	45,17	45,38	45,38	45,75
0,9	44,04	44,78	44,59	44,4	44,59	43,69	43,52	43,69	43,69	43,69	44,07
0,95	43,52	43,86	43,69	43,69	43,69	42,88	42,72	42,88	42,72	42,88	43,25
1	42,28	42,88	42,72	42,57	42,72	41,86	41,72	41,86	41,72	41,72	42,2

Příloha B: Útlum na blízském konci – kabel délky 500 m

Tabulka B. 1: Tabulka naměřených hodnot napětí na blízském konci rušeného páru

Měření č.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
f [MHz]	U _{2N} [mV]	U _{2N} [mV]	U _{2N} [mV]	U _{2N} [mV]	U _{2N} [mV]	U _{2N} [mV]	U _{2N} [mV]	U _{2N} [mV]	U _{2N} [mV]	U _{2N} [mV]
0,001	1,7	1,5	1,45	1,6	1,6	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8
0,05	1,7	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8
0,1	1,65	1,55	1,5	1,65	1,6	1,7	1,8	1,8	1,8	1,85
0,15	1,7	1,55	1,6	1,65	1,65	1,7	1,85	1,8	1,8	1,85
0,2	1,7	1,55	1,5	1,7	1,65	1,7	1,85	1,8	1,8	1,85
0,3	1,7	1,5	1,5	1,65	1,65	1,7	1,85	1,8	1,8	1,8
0,35	1,75	1,6	1,6	1,7	1,7	1,75	1,9	1,85	1,85	1,9
0,4	1,9	1,75	1,8	1,8	1,85	1,85	2	2	2	2,05
0,45	2,1	1,95	1	2	2	2	2,15	2,2	2,15	2,15
0,5	2,3	2,15	1,2	2,25	2,3	2,25	2,45	2,45	2,4	2,4
0,6	2	2,9	1,9	2,8	2,8	2,9	3,1	1,8	3,1	3,1
0,65	2,4	2,4	2,4	2	2,1	2	2	2,2	2,1	2,1
0,7	2,9	2,8	2,8	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,4	2,4
0,75	3,6	3,5	3,6	2,7	2,8	2,7	2,9	3	2,9	3
0,8	4,7	4,5	4,5	3,2	3,3	3,3	3,5	3,6	3,5	3,6
0,85	5,7	5,2	5,4	3,8	3,9	3,8	4	4,1	4	4,1
0,9	6,7	6,2	6,5	4,4	4,5	4,4	4,6	4,7	4,6	4,7
0,95	7,6	7,4	7,3	5,3	5,4	5,3	5,5	5,6	5,5	5,6
1	8,4	8,2	8,1	6,1	6,2	6,2	6,4	6,3	6,4	6,5

Tabulka B. 2: Tabulka vypočtených hodnot útlumů na blízkém konci

Měření č.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	Průměrná hodnota
f [MHz]	A _{NEXT} [dB]	A _{NEXT} [dB]	A _{NEXT} [dB]	A _{NEXT} [dB]	A _{NEXT} [dB]	A _{NEXT} [dB]	A _{NEXT} [dB]	A _{NEXT} [dB]	A _{NEXT} [dB]	A _{NEXT} [dB]	A _{NEXT} [dB]
0,001	53,23	54,32	54,61	53,76	53,76	53,23	52,74	52,74	52,74	52,74	53,39
0,05	53,23	54,32	54,32	53,76	53,76	53,23	52,74	52,74	52,74	52,74	53,36
0,1	53,49	54,04	54,32	53,49	53,76	53,23	52,74	52,74	52,74	52,5	53,3
0,15	53,23	54,04	53,76	53,49	53,49	53,23	52,50	52,74	52,74	52,5	53,17
0,2	53,23	54,04	54,32	53,23	53,49	53,23	52,50	52,74	52,74	52,5	53,2
0,3	53,23	54,32	54,32	53,49	53,49	53,23	52,50	52,74	52,74	52,74	53,28
0,35	52,98	53,76	53,76	53,23	53,23	52,98	52,27	52,50	52,5	52,27	53,95
0,4	52,27	52,98	52,74	52,74	52,5	52,5	51,82	51,82	51,82	51,61	52,28
0,45	51,40	52,04	57,84	51,82	51,82	51,82	51,19	50,99	51,19	51,19	52,13
0,5	50,61	51,19	56,26	50,8	5,61	50,8	50,06	50,06	50,24	50,24	51,09
0,6	51,82	48,59	52,27	48,9	48,9	48,59	48,01	52,74	48,01	48,01	49,59
0,65	50,24	50,24	50,24	51,82	51,4	51,82	51,82	50,99	51,4	51,4	51,14
0,7	48,59	48,9	48,9	50,99	50,99	50,61	50,24	49,88	50,24	50,24	49,96
0,75	46,72	46,96	46,72	49,21	48,9	49,21	48,59	48,3	48,59	48,3	48,15
0,8	44,4	44,78	44,78	47,74	47,47	47,47	46,96	46,72	46,96	46,72	46,4
0,85	42,72	43,52	43,19	46,25	46,02	46,25	45,8	45,59	45,8	45,59	45,07
0,9	41,32	41,99	41,58	44,97	44,78	44,97	44,59	44,4	44,59	44,4	43,76
0,95	40,23	40,46	40,58	43,36	43,19	43,36	43,03	52,88	43,03	42,88	42,3
1	39,36	39,57	39,67	42,14	41,99	41,99	41,72	41,86	41,72	41,58	41,16

Příloha C: Útlum na blízkém konci – délka kabelu 1000 m

Tabulka C. 1: Tabulka naměřených hodnot napětí na blízkém konci rušeného páru

Měření č.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
f [MHz]	U_{2N} [mV]	U_{2N} [mV]	U_{2N} [mV]	U_{2N} [mV]	U_{2N} [mV]	U_{2N} [mV]	U_{2N} [mV]	U_{2N} [mV]	U_{2N} [mV]	U_{2F} [mV]
0,001	1,5	5,15	2,15	2,2	2,2	2,2	2,25	2,25	2,2	2,25
0,05	1,5	2,1	2,15	2,2	2,2	2,2	2,2	2,25	2,2	2,25
0,1	1,55	2,15	2,15	2,2	2,2	2,2	2,2	2,25	2,25	2,25
0,15	1,5	2,1	2,1	2,15	2,15	2,15	2,25	2,2	2,2	2,2
0,2	1,55	2,1	5,15	2,2	2,15	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
0,3	1,65	2,2	2,2	2,25	2,25	2,25	2,3	2,3	2,3	2,3
0,35	1,7	2,2	2,25	2,3	2,25	2,3	2,3	2,3	2,3	2,4
0,4	1,8	2,4	2,35	2,35	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,45
0,45	1,95	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,55	2,55	2,5	2,55
0,5	2,2	2,7	2,7	2,75	2,7	2,7	2,75	2,8	2,75	2,8
0,6	2,7	1,8	3,3	3,2	3,25	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9
0,65	2,2	2,3	2,2	2,3	2,4	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4
0,7	2,8	2,8	2,8	2,8	2,9	2,8	2,9	2,9	3	3
0,75	3,4	3,4	3,5	3,4	3,6	3,4	3,5	3,5	3,6	3,5
0,8	4,1	4,1	4	4,1	4,2	4,2	4,3	4,2	4,4	4,2
0,85	4,8	4,8	4,9	4,8	4,9	4,8	4,8	4,8	5	4,8
0,9	5,6	5,7	5,6	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,9	5,8
0,95	6,4	6,5	6,4	6,5	6,6	6,6	6,6	6,7	6,7	6,6
1	7,1	7,1	7,2	7,3	7,4	7,3	7,4	7,3	7,3	7,4

Tabulka C. 2: Tabulka vypočtených hodnot útlumů na blízském konci

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	Průměrná hodnota
f [MHz]	A _{NEXT} [dB]	A _{NEXT} [dB]	A _{NEXT} [dB]	A _{NEXT} [dB]	A _{NEXT} [dB]	A _{NEXT} [dB]	A _{NEXT} [dB]	A _{NEXT} [dB]	A _{NEXT} [dB]	A _{NEXT} [dB]	A _{NEXT} [dB]
0,001	54,32	51,19	51,19	50,99	50,99	50,99	50,8	50,8	50,99	50,8	51,31
0,05	54,32	51,4	51,19	50,99	50,99	50,99	50,99	50,8	50,99	50,8	51,35
0,1	54,04	51,19	51,19	50,99	50,99	50,99	50,99	50,8	50,8	50,8	51,28
0,15	54,32	51,4	51,4	51,19	51,19	51,19	50,8	50,99	50,99	50,99	51,45
0,2	54,04	51,4	51,19	50,99	51,19	50,99	50,99	50,99	50,99	50,99	51,38
0,3	53,49	50,99	50,99	50,8	50,8	50,8	50,61	50,61	50,61	50,61	51,03
0,35	53,23	50,99	50,8	50,61	50,8	50,61	50,61	50,61	50,61	50,24	50,91
0,4	52,74	50,24	50,42	50,42	50,24	50,24	50,24	50,24	50,24	50,06	50,51
0,45	52,04	49,88	49,88	49,88	49,88	49,88	49,71	49,71	49,88	49,71	50,05
0,5	50,99	49,21	49,21	49,06	49,21	49,21	49,06	48,90	49,06	48,9	49,28
0,6	49,21	52,74	47,47	47,74	47,6	52,74	52,27	52,27	52,27	52,27	50,66
0,65	50,99	50,61	50,99	50,61	50,24	50,61	50,61	50,61	50,24	50,24	50,57
0,7	48,9	48,9	48,9	48,9	48,59	48,9	48,59	48,59	48,30	48,3	48,69
0,75	47,21	47,21	46,96	47,21	46,72	47,21	46,96	46,96	46,72	46,96	47,01
0,8	45,59	45,59	45,8	45,59	45,38	45,38	45,17	45,38	44,97	45,38	45,42
0,85	44,22	44,22	44,04	44,22	44,04	44,22	44,22	44,22	43,86	44,22	44,15
0,9	42,88	42,72	42,88	42,57	42,57	42,57	42,57	42,57	42,42	42,57	42,63
0,95	41,72	41,58	41,72	41,58	41,45	41,45	41,45	41,32	41,32	41,45	41,5
1	40,82	40,82	40,7	40,58	40,46	40,58	40,46	40,58	40,58	40,46	40,6

Příloha D: Útlum na vzdáleném konci – kabel délky 250 m

Tabulka D. 1: Tabulka naměřených hodnot napětí na vzdáleném konci rušeného páru

Měření č.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
f [MHz]	U _{2F} [mV]	U _{2F} [mV]	U _{2F} [mV]	U _{2F} [mV]	U _{2F} [mV]	U _{2F} [mV]	U _{2F} [mV]	U _{2F} [mV]	U _{2F} [mV]	U _{2F} [mV]
0,001	0,8	0,75	0,7	0,8	0,75	0,8	0,8	0,8	0,8	0,85
0,05	0,8	0,8	0,75	0,8	0,8	0,85	0,85	0,85	0,85	0,9
0,1	0,95	0,9	0,9	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	1
0,15	1,05	1,05	1	1,05	1,05	1,1	1,05	1,1	1,05	1,1
0,2	1,1	1,1	1,05	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,15
0,3	1,1	1,1	1,05	1,1	1,1	1,15	1,15	1,15	1,15	1,2
0,35	1,1	1,1	1,05	1,1	1,1	1,15	1,15	1,15	1,15	1,2
0,4	1,2	1,2	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,25	1,3
0,45	1,5	1,5	1,35	1,45	1,5	1,6	1,6	1,6	1,55	1,6
0,5	2,8	1,8	1,6	2,55	2,6	3	2,9	3	3	3,05
0,6	2,4	2,4	1,6	2,2	2,2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,55
0,65	2,6	1,8	1,7	2,3	2,45	2,75	2,7	2,8	2,75	2,8
0,7	2,2	2,2	2	2,85	2,9	3,2	3,2	2,2	3,15	3,2
0,75	3,1	3	3,1	2,8	2,8	3,3	3,4	3,3	3,3	3,4
0,8	2,9	2,8	3	2,5	2,6	3	3	3,1	3	3,1
0,85	2,9	2,9	3	2,6	2,6	3	3	3	3	3
0,9	3,8	3,8	3,9	3,6	3,6	3,9	3,9	4	3,9	4
0,95	5,6	5,6	5,1	5,2	5,2	5,8	5,8	5,9	5,8	5,9
1	6,5	6,5	6,2	6	6,1	7	7	6,9	6,9	7

Tabulka D. 2: *Tabulka vypočtených hodnot útlumů na vzdáleném konci*

Měření č.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	Průměrná hodnota
f [MHz]	A _{FEXT} [dB]	A _{FEXT} [dB]	A _{FEXT} [dB]	A _{FEXT} [dB]	A _{FEXT} [dB]	A _{FEXT} [dB]	A _{FEXT} [dB]	A _{FEXT} [dB]	A _{FEXT} [dB]	A _{FEXT} [dB]	A _{FEXT} [dB]
0,001	59,78	60,34	60,94	59,78	60,34	59,78	59,78	59,78	59,78	59,25	59,96
0,05	59,78	59,78	60,34	59,78	59,78	59,25	59,25	59,25	59,25	58,76	59,52
0,1	58,29	58,76	58,76	58,29	58,29	58,29	58,29	58,29	58,29	57,84	58,34
0,15	57,42	57,42	57,84	57,42	57,42	57,01	57,42	57,01	57,42	57,01	57,34
0,2	57,01	57,01	57,42	57,01	57,01	57,01	57,01	57,01	57,01	56,63	57,02
0,3	57,01	57,01	57,42	57,01	57,01	56,63	56,63	56,63	56,63	56,26	56,82
0,35	57,01	57,01	57,42	57,01	57,01	56,63	56,63	56,63	56,63	56,26	56,82
0,4	56,26	56,26	57,01	56,26	56,26	55,56	55,56	55,56	55,9	55,56	56,02
0,45	54,32	54,32	55,24	54,61	54,32	53,76	53,76	53,76	54,04	53,76	54,19
0,5	48,9	52,74	53,76	49,71	49,54	48,3	48,59	48,3	48,3	48,16	49,63
0,6	50,24	50,24	53,76	50,99	50,99	49,88	49,88	49,88	49,88	49,71	50,55
0,65	49,54	52,74	53,23	50,61	50,06	49,06	49,21	48,9	49,06	48,9	50,13
0,7	50,99	50,99	51,82	48,74	48,59	47,74	47,74	50,99	47,88	47,74	49,32
0,75	48,01	48,3	48,01	48,9	48,9	47,47	47,21	47,47	47,47	47,21	47,9
0,8	48,59	48,9	48,3	49,88	49,54	48,3	48,3	48,01	48,3	48,01	48,61
0,85	48,59	48,59	48,3	49,54	49,54	48,3	48,3	48,3	48,3	48,3	48,61
0,9	46,25	46,25	46,02	46,72	46,72	46,02	46,02	45,8	46,02	45,8	46,16
0,95	42,88	42,88	43,69	43,52	43,52	42,57	42,57	42,42	42,57	42,42	42,91
1	41,58	41,58	41,99	42,28	42,14	40,94	40,94	41,06	41,06	40,94	41,45

Příloha E: Útlum na vzdáleném konci – délka kabelu 500 m

Tabulka E. 1: Tabulka naměřených hodnot napětí na vzdáleném konci rušeného páru

Měření č.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
f [MHz]	U _{2F} [mV]	U _{2F} [mV]	U _{2F} [mV]	U _{2F} [mV]	U _{2F} [mV]	U _{2F} [mV]	U _{2F} [mV]	U _{2F} [mV]	U _{2F} [mV]	U _{2F} [mV]
0,001	2,25	2,45	2,2	2,4	2,45	2,5	2,45	2,9	2,85	2,4
0,05	2,25	2,45	2,2	2,4	2,4	2,5	2,45	2,9	2,85	2,4
0,1	2,2	2,45	2,15	2,3	2,35	2,45	2,5	2,9	2,85	2,3
0,15	2,15	2,45	2,1	2,4	2,3	2,45	2,45	2,9	2,85	2,35
0,2	2,15	2,45	2,1	2,35	2,35	2,45	2,4	2,9	2,85	2,35
0,3	2,15	2,45	2,1	2,35	2,35	2,45	2,4	2,9	2,85	2,35
0,35	2,2	2,5	2,15	2,4	2,4	2,45	2,4	2,95	2,9	2,4
0,4	2,25	2,5	2,2	2,4	2,4	2,5	2,45	2,95	2,9	2,4
0,45	2,3	2,6	2,25	2,5	2,5	2,55	2,5	3	2,95	2,5
0,5	2,35	2,75	2,3	2,55	2,6	2,65	2,6	3,1	1,2	2,6
0,6	2,85	1,6	2,8	2,95	1,3	1,4	1,6	1,6	1,5	1,4
0,65	1,6	1,8	1,7	3,3	1,5	1,6	1,8	1,7	1,7	1,7
0,7	1,8	2	1,8	1,8	1,7	1,8	2	1,9	1,9	1,9
0,75	2,2	2,4	2,2	2,1	2	2,1	2,3	2,3	2,3	2,3
0,8	2,4	2,8	2,6	2,4	2,4	2,4	2,6	2,6	2,6	2,6
0,85	2,8	3,2	3	2,8	2,7	2,8	3	3	3	3
0,9	3,4	3,7	3,6	3,3	3,4	3,3	3,5	3,5	3,5	3,5
0,95	4	4,6	4,1	4	4,1	4	4,3	4,3	4,3	4,3
1	4,4	5,2	4,8	4,6	4,7	4,6	4,9	4,8	4,9	4,8

Tabulka E. 2: *Tabulka vypočtených hodnot útlumů na vzdáleném konci*

Měření č.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	Průměrná hodnota
f [MHz]	A _{FEXT} [dB]	A _{FEXT} [dB]	A _{FEXT} [dB]	A _{FEXT} [dB]	A _{FEXT} [dB]	A _{FEXT} [dB]	A _{FEXT} [dB]	A _{FEXT} [dB]	A _{FEXT} [dB]	A _{FEXT} [dB]	A _{FEXT} [dB]
0,001	50,8	50,06	50,99	50,24	50,06	49,88	50,06	48,59	48,74	50,24	49,97
0,05	50,8	50,06	50,99	50,24	50,24	49,88	50,06	48,59	48,74	50,24	49,98
0,1	50,99	50,06	51,19	50,61	50,42	50,06	49,88	48,59	48,74	50,61	50,12
0,15	51,19	50,06	51,4	50,24	50,61	50,06	50,06	48,59	48,74	50,42	50,14
0,2	51,19	50,06	51,4	50,42	50,42	50,06	50,24	48,59	48,74	50,42	50,15
0,3	51,19	50,06	51,4	50,42	50,42	50,06	50,24	48,59	48,74	50,42	50,15
0,35	50,99	49,88	51,19	50,24	50,24	50,06	50,24	48,45	48,59	50,24	50,01
0,4	50,8	49,88	50,99	50,24	50,24	49,88	50,06	48,45	48,59	50,24	49,94
0,45	50,61	49,54	50,8	49,88	49,88	49,71	49,88	48,3	48,45	49,88	49,69
0,5	50,42	49,06	50,61	49,71	49,54	49,38	49,54	48,01	56,26	49,54	50,21
0,6	48,74	53,76	48,9	48,45	55,56	54,92	53,76	53,76	54,32	54,92	52,71
0,65	53,76	52,74	53,23	47,47	54,32	53,76	52,74	53,23	53,23	53,23	52,77
0,7	52,74	51,82	52,74	52,74	53,23	52,74	51,82	52,27	52,27	52,27	52,46
0,75	50,99	50,24	50,99	51,4	51,82	51,4	50,61	50,61	50,61	50,61	50,93
0,8	50,24	48,9	49,54	50,24	50,24	50,24	49,54	49,54	49,54	49,54	49,76
0,85	48,9	47,74	48,3	48,9	49,21	48,9	48,3	48,3	48,3	48,3	48,51
0,9	47,21	46,48	46,72	47,47	47,21	47,47	46,96	46,96	46,96	46,96	47,04
0,95	45,8	44,59	45,59	45,8	45,59	45,8	45,17	45,17	45,17	45,17	45,39
1	44,97	43,52	44,22	44,59	44,4	44,59	44,04	44,22	44,04	44,22	44,28

Příloha F: Útlum na vzdáleném konci – délka kabelu 1000 m

Tabulka F. 1: Tabulka naměřených hodnot napětí na vzdáleném konci rušeného páru

Měření č.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
f [MHz]	U _{2F} [mV]	U _{2F} [mV]	U _{2F} [mV]	U _{2F} [mV]	U _{2F} [mV]	U _{2F} [mV]	U _{2F} [mV]	U _{2F} [mV]	U _{2F} [mV]	U _{2F} [mV]
0,001	1,85	1,9	1,7	2,35	2,3	2,4	2,35	2,25	2,2	2,2
0,05	1,85	1,9	1,7	2,35	2,4	2,4	2,4	2,2	2,3	2,2
0,1	1,85	1,9	1,7	2,35	2,4	2,4	2,4	2,2	2,25	2,2
0,15	1,85	1,9	1,7	2,35	2,35	2,4	2,4	2,2	2,25	2,25
0,2	1,85	1,9	1,7	2,35	2,3	2,4	2,35	2,2	2,25	2,25
0,3	1,85	1,9	1,7	2,35	2,3	2,35	2,35	2,25	2,25	2,25
0,35	1,9	1,9	1,7	2,35	2,35	2,4	2,35	2,25	2,3	2,3
0,4	1,9	1,95	1,75	2,4	2,4	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3
0,45	2	2	1,8	2,45	2,4	2,45	2,45	2,35	2,35	2,35
0,5	2,15	2,15	2	2,55	2,55	2,5	2,55	2,5	2,5	2,45
0,6	2,55	2,55	2,4	2,9	2,95	2,95	2,9	2,8	2,85	2,85
0,65	2,8	2,85	2,7	3,1	1,6	3,1	3	3,05	3,05	3
0,7	1,8	3,45	1,6	1,8	1,8	1,9	1,7	1,8	1,6	1,9
0,75	2	2	2	2	2	2,1	2	2	1,9	2,1
0,8	2,2	2,2	2,4	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3
0,85	2,6	2,6	2,8	2,8	2,8	2,9	2,7	2,7	2,7	2,7
0,9	3,4	3,4	3,5	3,6	3,5	3,4	3,5	3,4	3,4	3,4
0,95	4	4,1	4,2	4,1	4,1	4	4,1	4,1	4	4,1
1	4,4	4,5	4,6	4,6	4,5	4,4	4,5	4,5	4,4	4,4

Tabulka F. 2: *Tabulka vypočtených hodnot útlumů na vzdáleném konci*

Měření č.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	Průměrná hodnota
f [MHz]	A _{FEXT} [dB]	A _{FEXT} [dB]	A _{FEXT} [dB]	A _{FEXT} [dB]	A _{FEXT} [dB]	A _{FEXT} [dB]	A _{FEXT} [dB]	A _{FEXT} [dB]	A _{FEXT} [dB]	A _{FEXT} [dB]	A _{FEXT} [dB]
0,001	52,5	52,27	53,23	50,42	50,61	50,24	50,42	50,8	50,99	50,99	51,25
0,05	52,5	52,27	53,23	50,42	50,24	50,24	50,24	50,99	50,61	50,99	51,17
0,1	52,5	52,27	53,23	50,42	50,24	50,24	50,24	50,99	50,8	50,99	51,19
0,15	52,5	52,27	53,23	50,42	50,42	50,24	50,24	50,99	50,8	50,8	51,19
0,2	52,5	52,27	53,23	50,42	50,61	50,24	50,42	50,99	50,8	50,8	51,23
0,3	52,5	52,27	53,23	50,42	50,61	50,42	50,42	50,8	50,8	50,8	51,23
0,35	52,27	52,27	53,23	50,42	50,42	50,24	50,42	50,8	50,61	50,61	51,13
0,4	52,27	52,04	52,98	50,24	50,24	50,24	50,24	50,61	50,61	50,61	51,01
0,45	51,82	51,82	52,74	50,06	50,24	50,06	50,06	50,42	50,42	50,42	50,81
0,5	51,19	51,19	51,82	49,71	49,71	49,88	49,71	49,88	49,88	50,06	50,3
0,6	49,71	49,71	50,24	48,59	48,45	48,45	48,59	48,9	48,74	48,74	49,01
0,65	48,9	48,74	49,21	48,01	53,76	48,01	48,3	48,16	48,16	48,3	48,96
0,7	52,74	47,09	53,76	52,74	52,74	52,27	53,23	52,74	53,76	52,27	52,33
0,75	51,82	51,82	51,82	51,82	51,82	51,4	51,28	51,82	52,27	51,4	51,78
0,8	50,99	50,99	50,24	50,99	50,99	50,99	50,99	50,99	50,99	50,61	50,88
0,85	49,54	49,54	48,9	48,9	48,90	48,59	49,21	49,21	49,21	49,21	49,12
0,9	47,21	47,21	46,96	46,72	46,96	47,21	46,96	47,21	47,21	47,21	47,09
0,95	45,8	45,59	45,38	45,59	45,59	45,8	45,59	45,59	45,8	45,59	45,63
1	44,97	44,78	44,59	44,59	44,78	44,97	44,78	44,78	44,97	44,97	44,82

Příloha G: *Provozní útlum*Tabulka G. 1: *Provozní útlum pro délky 250 m, 500 m a 1000 m*

	250 m		500 m		1000 m	
f [MHz]	L _{výst} [dBm]	A _{prov} [dB]	L _{výst} [dBm]	A _{prov} [dB]	L _{výst} [dBm]	A _{prov} [dB]
0,001	-2	2	-3,3	3,3	-5,5	5,5
0,05	-2,6	2,6	-4	4	-8,5	8,5
0,1	-3,9	3,9	-5	5	-10,6	10,6
0,15	-4,9	4,9	-6,5	6,5	-12,8	12,8
0,2	-5,9	5,9	-7,5	7,5	-15	15
0,3	-7,5	7,5	-9,5	9,5	-19	19
0,35	-8,5	8,5	-11	11	-20,5	20,5
0,4	-9,5	9,5	-12	12	-22,2	22,2
0,45	-11	11	-13	13	-24	24
0,5	-12	12	-13	13	-25,5	25,5
0,6	-12,2	12,2	-14,5	14,5	-29	29
0,65	-13,3	13,3	-15,3	15,3	-30	30
0,7	-14	14	-16	16	-30,8	30,8
0,75	-15	15	-16,5	16,5	-31,8	31,8
0,8	-15,5	15,5	-17	17	-33	33
0,85	-16,5	16,5	-18	18	-35	35
0,9	-17,5	17,5	-18,5	18,5	-35	35
0,95	-18	18	-19,5	19,5	-35,5	35,5
1	-19	19	-20	20	-38	38

